

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

MOBILNÍ HORIZONTÁLNÍ ŠTÍPACÍ ZAŘÍZENÍ

MOBILE HORIZONTAL SPLITTING EQUIPMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Klusáček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **David Klusáček**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

MOBILNÍ HORIZONTÁLNÍ ŠTÍPACÍ ZAŘÍZENÍ

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh mobilního horizontálního štípacího zařízení na kolovém podvozku. Štípací zařízení bude připojitelné k dopravnímu prostředku a přepravováno na svém vlastním podvozku. Pohonná jednotka je součástí zařízení pro možnost samostatného provozu na požadovaných místech.

Technické parametry zadání:

- Štípací síla do 200 kN.
- Maximální průměr štípaného polena 300 mm.
- Maximální délka štípaného polena 1 m.

Cíle bakalářské práce:

Rešeršní rozbor o aktuálních výrobcích tohoto typu zařízení na trhu.

Koncepce mobilního štípacího zařízení.

Funkční a rozměrové výpočty zařízení.

Silový rozbor zařízení, analytický pevnostní výpočet vybraných konstrukčních uzlů.

Návrh parametrů komponent pro sestavu zařízení.

Výkres celkové sestavy.

Výkres podsestavy rámu.

Výkresy výrobní dokumentace.

JEŘÁBEK, Karel. Stroje pro zemní práce: Silniční stroje. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 8070783893.

ISBN 9788073758424.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D. doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
ředitel ústavu děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je navrhnout mobilní horizontální štípací zařízení na kolovém podvozku. Vypracovat zadané funkční, rozměrové a pevnostní výpočty. Výkres celkové sestavy, výkresy podsestav a výrobní výkresy jednotlivých částí.

KLÍČOVÁ SLOVA

Horizontální štípač, štípač dřeva, zpracování dřeva, zařízení na zpracování dřeva

ABSTRACT

The purpose of this bachelor thesis is to design mobile horizontal splitting equipment with the wheel chassis. Develop requested function, size and strength computation. Documentation of the whole set-up, documentation of sub-parts and documentation of single parts.

KEYWORDS

Horizontal splitter, wood splitter, wood processing, equipment for wood processing

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KLUSÁČEK, David. *Mobilní horizontální štípací zařízení*. Brno, 2021. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí diplomové práce Přemysl Pokorný.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Přemysla Pokorného, Ph.D a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 20. května 2021

.....

David Klusáček



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Přemyslu Pokornému, Ph.D. za jeho čas, cenné rady a tipy, které mi pomohly vytvořit současnou podobu práce. Také bych rád poděkoval za podporu od mé rodiny a zejména pak svému dědovi, za jeho bohaté životní zkušenosti v oboru i mimo něj.

OBSAH

1	rešerše	18
1.1	Rozdělení podle způsobu umístění konstrukce	18
1.1.1	Stabilní štípací zařízení	18
1.1.2	Mobilní štípací zařízení	19
1.2	Rozdělení podle polohy štípaného kusu	20
1.2.1	Vertikální štípače	20
1.2.2	Horizontální štípače	21
1.2.3	Sklopné štípače	22
1.3	Rozdělení podle druhu pohonu	23
1.3.1	Pohon elektromotorem	23
1.3.2	Pohon spalovacím motorem	23
1.3.3	Pohon hydraulikou jiného stroje	23
1.4	Rozdělení podle způsobu štípacích nástrojů	23
1.4.1	Jednoduchý klín	23
1.4.2	Štípací kříž	24
1.4.3	Štípací mříž	24
2	Vlastní návrh zařízení	25
2.1	Návrh hydraulického agregátu	26
2.1.1	Návrhový výpočet přímočarého hydromotoru	27
2.1.2	Návrhový výpočet hydrogenerátoru a elektromotoru	28
2.1.3	Hydraulický rozvaděč	31
2.1.4	Hydraulická nádrž s filtrem	31
2.1.5	Víčko hydraulické nádrže	32
2.1.6	Hydraulické hadice	32
2.1.7	Hydraulický olej	32
2.2	Návrh podvozku štípače	33
2.2.1	Rám podvozku	33
2.2.2	Brzděné kolové jednotky a kola	45
2.2.3	Opěrný rám	46
2.2.4	Kloubový závěs s manipulační kolečkem knott	46
2.2.5	Koncová světla	47
2.2.6	Zásuvka 12 V	47
2.3	Rozvod elektřiny pro elektromotor	48
2.4	Opěra dřeva	49
2.5	Štípací klín	50
	Závěr	51
	Seznam použitých zkratk a symbolů	54
	Seznam příloh	55

ÚVOD

Dřevo je už po staletí jedním z nejrozšířenějších druhů materiálů, se širokým spektrem použití. Jedním z druhů použití je spalování dřeva za účelem vytápění obytných prostorů. Ovšem před samotným spálením je potřeba dřevo zpracovat, k tomu slouží příslušná zařízení pro různé druhy úkonů se dřevem. Jedním z nich jsou štípací zařízení.

Toto téma jsem si vybral z důvodu rodinného vlastnictví několika lesních pozemků a vlastní zkušeností se zpracováním palivového dřeva.

Přestože je dnes na trhu několik druhů štípacích zařízení, nenašel jsem ten, který by byl schopný štípat dřevěný materiál až do délky jednoho metru, disponoval by poměrně velkou štípací silou, byl mobilní a jeho cena by byla přijatelná.

CÍL PRÁCE

Cílem této práce je udělat rešerši o štípacích zařízeních, které jsou aktuálně dostupné na trhu. Popsat je a zhodnotit jejich klíčové parametry. Dále vytvořit vlastní koncepci štípacího zařízení, které bude poháněno pomocí hydraulického obvodu s elektromotorem, jeho konstrukce bude směřovaná horizontálně, štípací síla musí být do 200000 N, maximální délka 1 m a maximální průměr 300 mm. Dále provést návrhové a kontrolní výpočty zvolených částí zařízení, vytvořit výkres celkové sestavy, výkres podsestavy rámu a výkresy výrobní dokumentace.

1 REŠERŠE

Tato rešerše se bude zabývat štípacími zařízeními, která jsou dnes dostupná na trhu. Štípací zařízení budou rozdělena podle způsobu umístění konstrukce, polohy štípaného kusu, druhu pohonu a uzpůsobení štípacích nástrojů.

1.1 ROZDĚLENÍ PODLE ZPŮSOBU UMÍSTĚNÍ KONSTRUKCE

Vzhledem ke způsobu umístění konstrukce, můžeme štípací zařízení dělit na stabilní nebo mobilní.

1.1.1 STABILNÍ ŠTÍPACÍ ZAŘÍZENÍ

Stabilní štípací zařízení mají konstrukci uzpůsobenou pouze pro stání na jednom místě, viz. Obr.1. Pro přemístění je nutné použít další techniku. Tento druh štípacích zařízení se používá při sériovém zpracování dřeva, kdy dané štípací zařízení má své místo v hale a není nutné s ním častěji manipulovat.



Obr.1: Štípací zařízení Sláma RSAS 480 E [1]

1.1.2 MOBILNÍ ŠTÍPACÍ ZAŘÍZENÍ

Mobilní štípací zařízení s vlastní osou umožňují poměrně snadné přemísťování. Jsou určena k tažení za dopravním prostředkem, kterým může být například traktor nebo osobní automobil, viz. Obr.2. Výhodou je možnost dojetí na požadované místo, kde chceme zpracovávat dřevo, možností drobné manipulace bez tažného vozidla, nevýhodou je větší velikost zařízení, což může způsobovat potíže při garážování.



Obr.2: Mobilní štípací zařízení Sláma RSA 480 E [2]

1.2 ROZDĚLENÍ PODLE POLOHY ŠTÍPANÉHO KUSU

Štípací zařízení se vzhledem k poloze štípaného kusu dřeva rozdělují na vertikální, horizontální a sklopné.

1.2.1 VERTIKÁLNÍ ŠTÍPAČE

Tyto štípače, jsou orientovány pro svislou polohu štípání, viz. Obr.3. Bývají určeny pro menší kusy dřeva, také jejich výkonnost je menší. Výhodou je malá velikost a váha zařízení, snadná manipulovatelnost a krátká doba zdvihu.



Obr.3: Vertikální štípač dřeva SCHEPPACH HL 1050 [3]

1.2.2 HORIZONTÁLNÍ ŠTÍPAČE

Horizontální štípače mají vodorovnou polohu štípání. Na trhu se vyskytuje široké spektrum těchto štípačů, jak velmi malé pro občasné používání viz. Obr. 4, tak i velké štípače, které jsou velmi výkonné viz. Obr. 5. Nebo je možné nelézt tzv. štípací automaty, které jsou vybaveny zkracovací pilou a podavači, viz Obr. 1.



Obr. 4: Malý horizontální štípač SCHEPPACH HL 460 [4]



Obr. 5: Velký horizontální štípač Lancman XTRA XL 21 [5]

1.2.3 SKLOPNÉ ŠTÍPAČE

Sklopné štípače využívají obou poloh, jak vertikální, tak horizontální, viz. Obr. 6. V horizontální poloze jsou štípače určeny pro přepravu, vertikální poloha je pracovní. Tento druh štípačů disponuje větší stabilitou než vertikální štípače, zároveň je výhodou i jejich mobilita a vyšší štípací síla.



Obr. 6: Sklopný štípač HECHT 6422 [6]

1.3 ROZDĚLENÍ PODLE DRUHU POHONU

Štípače můžeme dělit také podle druhu jejich pohonu na štípače s elektromotorem, se spalovacím motorem nebo na pohon pomocí hydrauliky jiného stroje, např. traktoru.

1.3.1 POHON ELEKTROMOTOREM

Štípače poháněné elektromotorem jsou velice rozšířené. Výkony elektromotorů se pohybují od 1500 W, po mnoho desítek kW. Nevýhodou pohonu elektromotorem je závislost na elektrině, ale výhodou je velmi velká výkonnost zařízení.

1.3.2 POHON SPALOVACÍM MOTOREM

Pohon spalovacím motorem není u štípacích zařízení tak častý jako elektromotorem, avšak stále se objevuje. Jeho hlavní výhodou je nezávislost, štípač může fungovat kdekoliv. Další výhodou je nízká váha oproti elektromotoru. Nevýhodou je nižší výkonnost a menší trvanlivost.

1.3.3 POHON HYDRAULIKOU JINÉHO STROJE

Pohon hydraulickým obvodem jiného stroje je vcelku jednoduchá varianta, štípač se napojí pouze pomocí hadic, nepotřebuje tedy vlastní motor, ani čerpadlo. Výhodou tohoto řešení je cenová úspora díky nepotřebě zmíněných komponentů. Nevýhodou je závislost na výkonnosti hydrauliky napojeného stroje.

1.4 ROZDĚLENÍ PODLE UZPŮSOBENÍ ŠTÍPACÍCH NÁSTROJŮ

Podle štípacích nástrojů můžeme štípací zařízení dělit na štípače s jednoduchým klínem, se štípacím křížem nebo se štípací mříží.

1.4.1 JEDNODUCHÝ KLÍN

Druh štípačů s jednoduchým klínem, viz. Obr. 7 patří mezi nejrozšířenější díky své jednoduchosti, levné výrobě a snadné montáži. Hodí pro štípání velmi tvrdých nebo velmi sukatých druhů dřeva, jeho výhodou je také nižší potřebná štípací síla.



Obr. 7: Jednoduchý štípací klín [7]

1.4.2 ŠTÍPACÍ KŘÍŽ

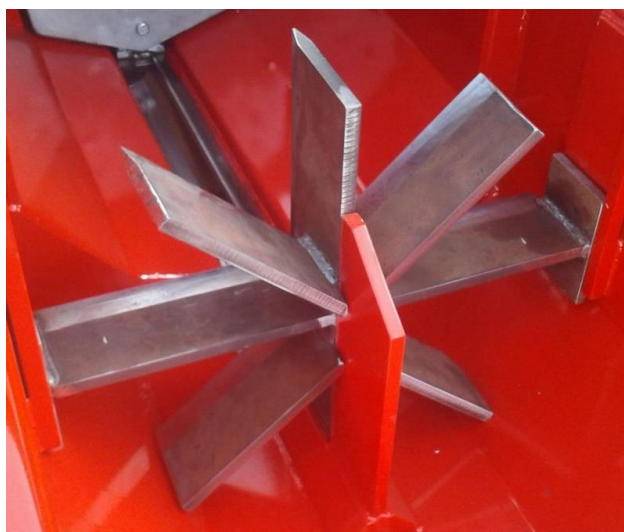
Štípače se štípacím křížem, viz. Obr. 8 nejsou moc rozšířené. Výhodou štípacího kříže je snížení doby potřebné ke zpracování štípaného kusu dřeva, ale je potřeba i vyšší štípací síla. U větších průměrů hrozí opření dřeva o rám stroje a následné zaseknutí kříže ve dřevě.



Obr. 8: Štípací kříž [8]

1.4.3 ŠTÍPACÍ MŘÍŽ

Štípací mříže jsou nejkomplicovanějším štípacím nástrojem štípacích zařízení, to se podtrhuje i na jejich ceně. Používají se k dělení dřeva na hotová polínka při jednom zdvihu stroje. Štípače se štípací mříží jsou většinou obohacena o zkracovací pilu, pro dosažení kratších zdvihů, ale i tak je zapotřebí značně velká štípací síla. Štípací mříže jsou stavitelné, pro optimální nastavení v závislosti na štípaném kusu dřeva.



Obr. 9: Štípací mříž [9]

2 VLASTNÍ NÁVRH ZAŘÍZENÍ

Štípač je koncipován jako horizontální s jednoduchým štípacím klínem. Jedná se o mobilní provedení konstrukce rámu, z tohoto důvodu je na štípači několik prvků umožňujících tažení za dopravním prostředkem po veřejných komunikacích. Štípač je poháněn elektromotorem o výkonu 5,5 kW, je spojen s hydrogenerátorem, které vytváří potřebný tlak pro hydraulický obvod s přímočarým hydromotorem.

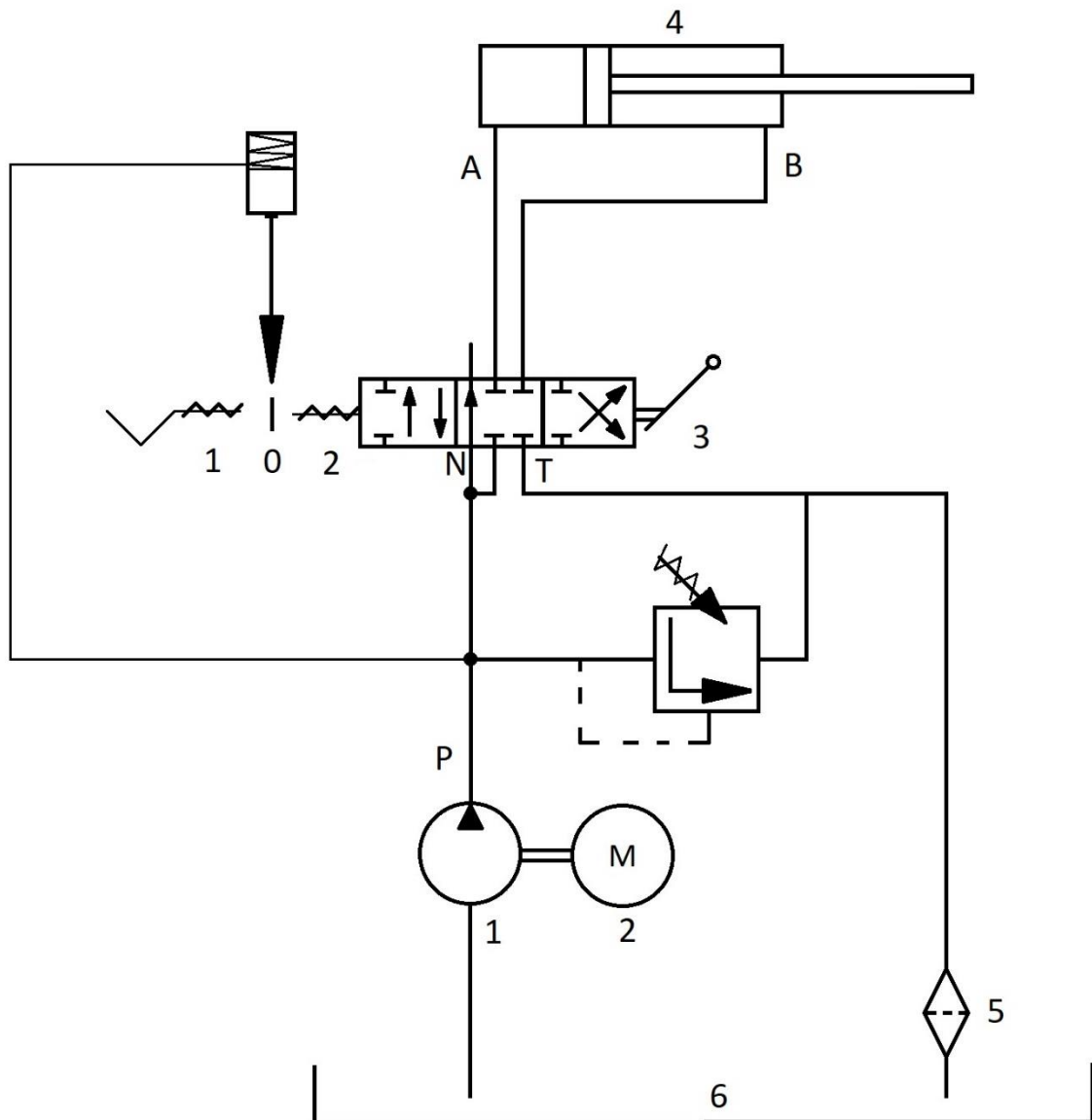


Obr. 10.1: 3D model štípače 1



Obr. 10.2: 3D model štípače 2

2.1 NÁVRH HYDRAULICKÉHO AGREGÁTU



Obr. 11: Schéma návrhu hydraulického agregátu; 1-zubový hydrogenerátor, 2-elektromotor, 3-hydraulický jedno sekční rozvaděč, 4-přímočarý hydromotor, 5-nízkotlaký filtr, 6-hydraulická nádrž

Hydraulický agregát je tvořen zubovým hydrogenerátorem o jednotkovém objemu $11\text{cm}^3/\text{ot}$, dále je zde jedno sekční třípolohový hydraulický rozvaděč ovládaný pomocí páky, nechybí zde pojistný ventil, nízkotlaký filtr na odpadní větvi obvodu a hydraulická nádrž.

2.1.1 NÁVRHOVÝ VÝPOČET PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU

Dle výpočtů byl zvolen přímočarý hydromotor od firmy Bosch Rexroth s průměrem pístu 100 mm, průměrem pístní tyče 70 mm, zdvihem 700 mm a maximálním tlakem 25 MPa.

Uchycení přímočarého hydromotoru je pomocí dvou čepů o průměru 50, viz. Obr. 12.



Obr. 12: Přímocárý hydromotor

Dokumentaci k přímocárému hydromotoru viz. Příloha 1

$$S_t = \frac{F_{max}}{p_{max}} [mm^2] \quad (1)$$

$$D_{pt} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_t}{\pi}} [mm] \quad (2)$$

$$S_t = \frac{200000}{25} = 8000 mm^2$$

$$Dp = \sqrt{\frac{4 \cdot 8000}{\pi}} = 100,925 mm$$

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} [mm^2] \quad (3)$$

$$S = \frac{\pi \cdot 100^2}{4} = 7853,981 mm^2$$

$$S_2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} [mm^2] \quad (4)$$

$$d = 70 mm$$

$$S_2 = \frac{\pi \cdot 100^2}{4} - \frac{\pi \cdot 70^2}{4} = 4005,53 mm^2$$

KDE:

$F_{\max} = 200\,000\text{ N}$, horní hranice zadané síly;

$p_{\max} = 25\text{ MPa}$, maximální přípustný tlak přímočarého hydromotoru;

S_t – teoretická plocha pístu přímočarého hydromotoru [mm^2];

D_{pt} – teoretický průměr pístu přímočarého hydromotoru [mm];

D – průměr pístu zvoleného přímočarého hydromotoru [mm];

S – skutečná plocha pístu zvoleného přímočarého hydromotoru [mm^2];

d – průměr pístní tyče zvoleného přímočarého hydromotoru [mm];

2.1.2 NÁVRHOVÝ VÝPOČET HYDROGENERÁTORU A ELEKTROMOTORU

$$v_{1t} = 3,5\text{ cm} \cdot \text{s}^{-1} \quad v_{2t} = 7\text{ cm} \cdot \text{s}^{-1} \quad l = 70\text{ cm}$$

$$t = \frac{l}{v} [\text{s}] \quad (5)$$

$$t_{1t} = \frac{70}{3,5} = 20\text{ s} \quad t_{2t} = \frac{70}{7} = 10\text{ s}$$

$$t_{ct} = t_{1t} + t_{2t} [\text{s}] \quad (6)$$

$$t_{ct} = 20 + 10 = 30\text{ s}$$

$$Q = \frac{S \cdot l}{t} [\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (7)$$

$$Q_{1t} = \frac{78,54 \cdot 70}{20} = 274,89\text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q_{2t} = \frac{40,06 \cdot 70}{10} = 280,42\text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

KDE:

l – hodnota zdvihu zvoleného přímočarého hydromotoru [cm];

v_{1t}, v_{2t} – teoretické požadované rychlosti posuvů při vysouvání a zasouvání přím. hydromotoru [$\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$];

t_{1t}, t_{2t} – vypočtené teoretické časy úplného vysunutí a zasunutí př. hydromotoru [s];

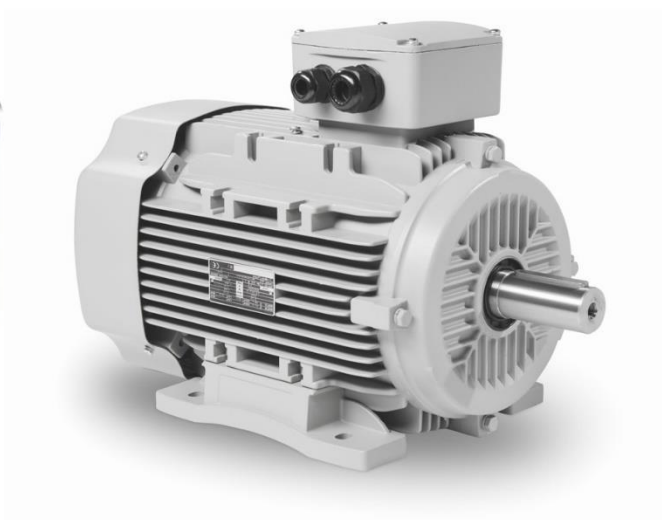
t_{ct} – celkový teoretický čas jednoho štípacího cyklu [s];

Q_{1t} , Q_{2t} – teoretické potřebné průtoky vzhledem ke zvoleným časům posuvů [$\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$];

Dle výpočtů byl zvolen zubový hydrogenerátor také od firmy Bosch Rexroth, viz. Obr. 13, jedná se o typ AZPF s jednotkovým průtokem $11 \text{ cm}^3 \cdot \text{ot}^{-1}$. Dále byl zvolen elektromotor značky VYBO electric a.s. viz. Obr. 14, výkon 5,5 kW, se $1455 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ a kroutícím momentem 36,1 Nm.



Obr. 13: Hydrogenerátor [10]



Obr. 14: Elektromotor [11]

PŘEPOČET REÁLNÝCH HODNOT HYDRAULICKÉHO AGREGÁTU

$$V_0 = 11 \text{ cm}^3 \cdot \text{ot}^{-1} \quad n = 1455 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1} \quad M_k = 36,1 \text{ Nm}$$

$$Q_s = V_0 \cdot \frac{n}{60} [\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (8)$$

$$Q_s = 11 \cdot \frac{1455}{60} = 266,75 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$p_s = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_k}{V_0} [\text{MPa}] \quad (9)$$

$$p_s = \frac{2 \cdot \pi \cdot 36,1}{11} = 20,62 \text{ MPa}$$

$$F = p_s \cdot S [\text{N}] \quad (10)$$

$$F = 20,62 \cdot 7853,981 = 161\,949 \text{ N}$$

$$v = \frac{Q}{S} [\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (11)$$

$$v_1 = \frac{266,75}{78,54} = 3,4 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_2 = \frac{266,75}{40,06} = 6,7 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$t_1 = \frac{70}{3,4} = 20,6 \text{ s}$$

$$t_2 = \frac{70}{6,7} = 10,5 \text{ s}$$

$$t_c = 20,6 + 10,5 = 31,1 \text{ s}$$

KDE:

V_0 – jednotkový objem hydrogenerátoru [$\text{cm}^3 \cdot \text{ot}^{-1}$];

n – otáčky elektromotoru [$\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$];

M_k – krouticí moment elektromotoru [Nm];

Q_s – skutečný průtok při daných otáčkách el. motoru [$\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$];

p_s – skutečný tlak v tlakové větvi obvodu [MPa];

F – skutečná maximální štípací síla [N];

v_1, v_2 – skutečná rychlost posuvů vysouvání a zasouvání př. hydromotoru [$\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$];

t_1, t_2 – skutečné časy úplného vysunutí a zasunutí př. hydromotoru [s];

t_c – skutečný celkový čas jednoho štípacího cyklu [s];

2.1.3 HYDRAULICKÝ ROZVADĚČ

Dalším komponentem hydraulického agregátu je jedno sekční hydraulický rozvaděč od výrobce Badestnost, model P81 viz. Obr. 15. Tento rozvaděč je určen přímo pro štípače dřeva. Je ovládaný ručně pomocí páky a do neutrální pozice je vracen pomocí pružin. Má tři pracovní polohy a obsahuje pojistný ventil. Průtok je $80 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ a maximální pracovní tlak je 25 MPa.



Obr. 15: hydraulický rozvaděč Badestnost P81 [12]

Dokumentace hydraulického rozvaděče viz. Příloha 2

2.1.4 HYDRAULICKÁ NÁDRŽ S FILTREM

Pro zásobu hydraulického oleje a jeho filtraci je štípač osazen hydraulickou nádrží a filtrem viz. Obr. 16. Nádrž je dodávána firmou Hydrolider, má objem 40 litrů. Filtr od výrobce Sofima má filtrační schopnost 25 μ .



Obr. 16: Hydraulický nádrž s filtrem [13]

2.1.5 VÍČKO HYDRAULICKÉ NÁDRŽE

Hydraulická nádrž je uzavřena pomocí víčka odvzdušňovacího víčka viz. Obr. 17, které vyrovnává tlak vzduchu uvnitř nádrže s tlak okolní atmosféry. Víčko obsahuje i hrubé sítko nalévání, které zabraňuje vpadnutí větších nečistot do otevřené nádrže.



Obr. 17: Víčko hydraulické nádrže [14]

2.1.6 HYDRAULICKÉ HADICE

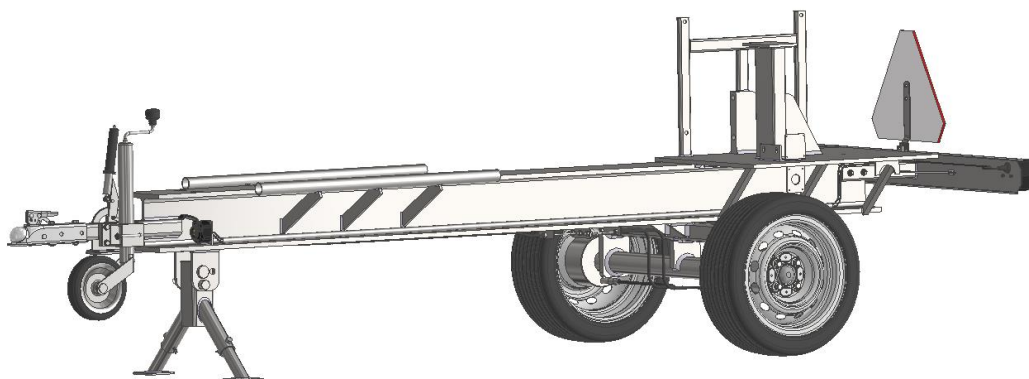
Hlavní komponenty hydraulického obvodu jsou mezi sebou propojeny pomocí hydraulických hadic. Použité hydraulické hadice značky Hydroflex mají vnitřní průměr 19 mm a vnější průměr 32,1 mm, maximální tlak hadic 35 MPa.

2.1.7 HYDRAULICKÝ OLEJ

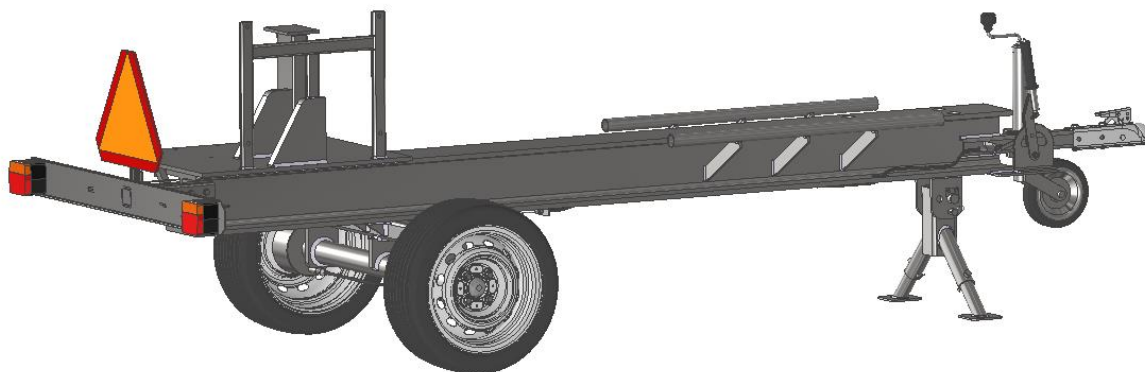
Hydraulickým obvodem bude kolovat olej OH-HM 46. Jedná se o celoroční minerální hydraulický olej, který se hodí pro hydraulické mechanismy s vysokým mechanickým i tepelným namáháním pracující v nechráněném prostředí.

2.2 NÁVRH PODVOZKU ŠTÍPAČE

Hlavním prvkem podvozku štípače je rám podvozku viz. Obr. 18, který tvoří základ pro montáž všech ostatních komponentů. Podvozek je bržděný pro zajištění na pracovní pozici, v přední části se nachází opěrný rám pro stabilizaci zařízení při práci, také je zde přidržovací rám pro držení štípaných kusů dřeva v pracovním prostoru. V zadní části se nachází lišta se světly pro signalizaci při pohybu po věřených komunikacích. Podvozek je tvořen tak, aby ho bylo možné zapojit za dopravní prostředek, kterým může být automobil nebo traktor.



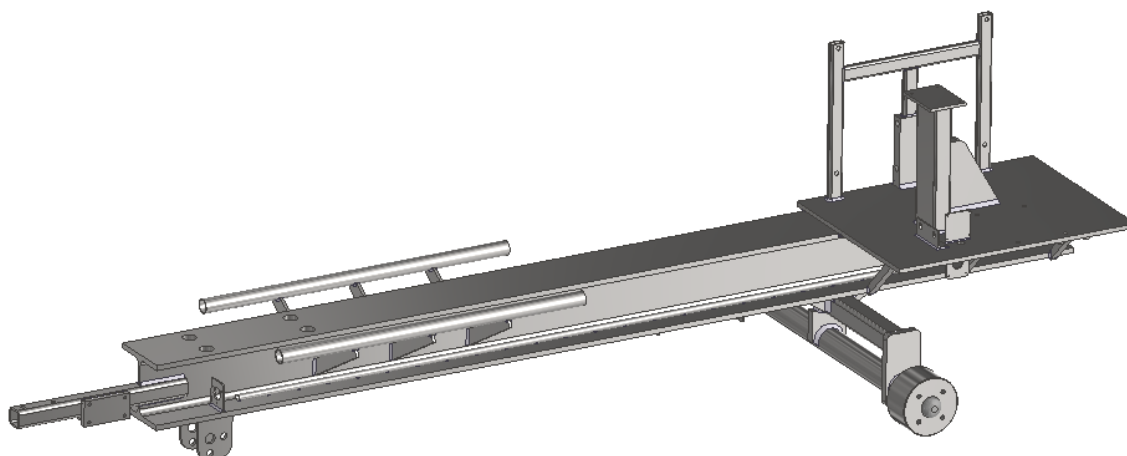
Obr. 18.1: Podvozek štípače



Obr. 18.2: Podvozek štípače

2.2.1 RÁM PODVOZKU

Nosnou část rámu podvozku tvoří profil HEB 180 dle DIN 1025-2, viz. Obr. 19, který je s ostatními komponenty rámu podvozku pevně spojen metodou obloukového svařování. Profil HEB 180 je koupený, pouze se na něm obrobí několik montážních prvků ještě před svařováním. Profil má délku 2723 mm, materiál S355J2.



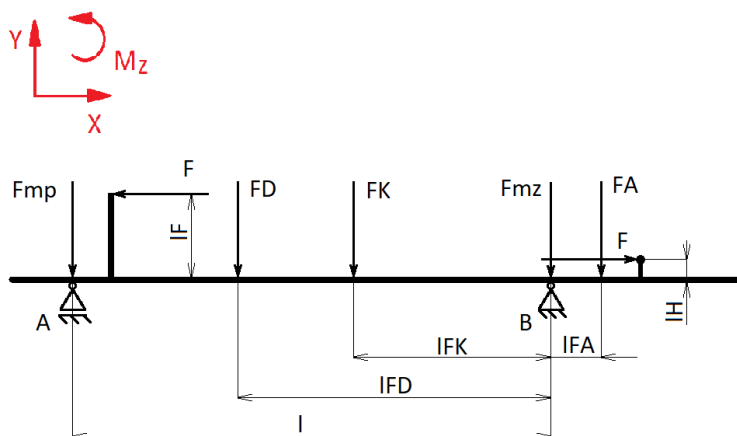
Obr. 19: Rám podvozku štípače

OVĚŘENÍ VHODNOSTI VOLBY NOSNÉHO PROFILU RÁMU PODVOZKU

Nosný profil HEB 180 byl ověřen výpočty, kontrolujícími vhodnost volby vůči namáháním vznikajícím při pracovním procesu.

NAHRAZENÍ EKVIVALENTNÍ SILOVOU SOUSTAVOU

Na začátku výpočtu se reálná předloha nahradí ekvivalentní silovou soustavou s reprezentativními zatíženími, viz. Obr. 20.



Obr. 20: Silová soustava

KDE:

F_{mp} – síla reprezentující váhu připadající na opěrný rám;

F – maximální štípací síla;

F_D – síla reprezentující váhu štípaného kusu dřeva;

F_K – síla reprezentující váhu klínu;

F_{mz} – síla reprezentující váhu připadající nápravu;

F_A – síla reprezentující váhu hydraulického agregátu;

l_F – rameno síly F působící proti opěře;

l – rameno síly F_{mp} ;

l_{FD} – rameno síly F_D ;

l_{FK} – rameno síly F_K ;

l_{FA} – rameno síly F_A ;

l_H – rameno síly F zachycené v úchytech;

ZJIŠTĚNÍ HODNOT ZADÁNÍ PRO VÝPOČET SILOVÝCH ÚČINKŮ VE VAZBÁCH

Hodnotu F je známá z kapitoly 2.1.2 Návrhový výpočet hydrogenerátoru a elektromotoru.

$$F = 162\,000\,N$$

$$l = 1843\,mm$$

$$g = 9,81\,m/s^2$$

$$l_p = 1491,199\,mm$$

$$m_l = 364,276\,kg$$

$$l_z = 351,881\,mm$$

$$m_K = 42,927\,kg$$

$$l_F = 390\,mm$$

$$m_A = 170,956\,kg$$

$$l_{FD} = 1235\,mm$$

$$m_D = 120\,kg$$

$$l_{FK} = 560\,mm$$

$$l_{FA} = 135\,mm$$

$$l_H = 210\,mm$$

$$m_p = \frac{l_z \cdot m_l}{l} [kg] \quad (12)$$

$$m_z = \frac{l_p \cdot m_l}{l} [kg] \quad (13)$$

$$m_p = \frac{351,881 \cdot 327,278}{1843} = 69,55 \text{ kg}$$

$$m_z = \frac{1491,199 \cdot 327,278}{1843} = 294,74 \text{ kg}$$

$$F = m \cdot g \text{ [N]} \quad (14)$$

$$F_D = 120 \cdot 9,81 = 1177,2 \text{ N}$$

$$F_K = 42,927 \cdot 9,81 = 421,1 \text{ N}$$

$$F_A = 170,956 \cdot 9,81 = 1677,1 \text{ N}$$

$$F_{mp} = 62,49 \cdot 9,81 = 682,3 \text{ N}$$

$$F_{mz} = 264,81 \cdot 9,81 = 2891,4 \text{ N}$$

KDE:

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$, hodnota gravitačního zrychlení (konstanta);

m_I – hmotnost podvozku [kg];

m_K – hmotnost klínu [kg];

m_A – hmotnost hydraulického agregátu [kg];

m_D – hmotnost štípaného kusu dřeva [kg];

m_p – hmotnost připadající na opěrný rám [kg];

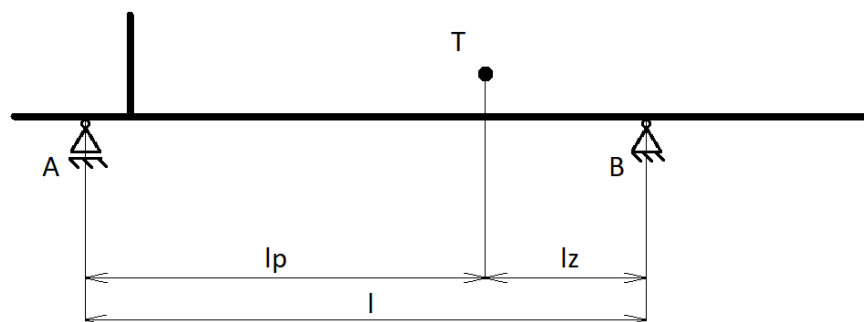
m_z – hmotnost připadající na nápravu [kg];

l_p – vzdálenost opěrného rámu od těžiště [mm];

l_z – vzdálenost nápravy od těžiště [mm];

Zmíněné délky ramen, váhy komponentů a poloha těžiště byly zjištěny pomocí softwaru.

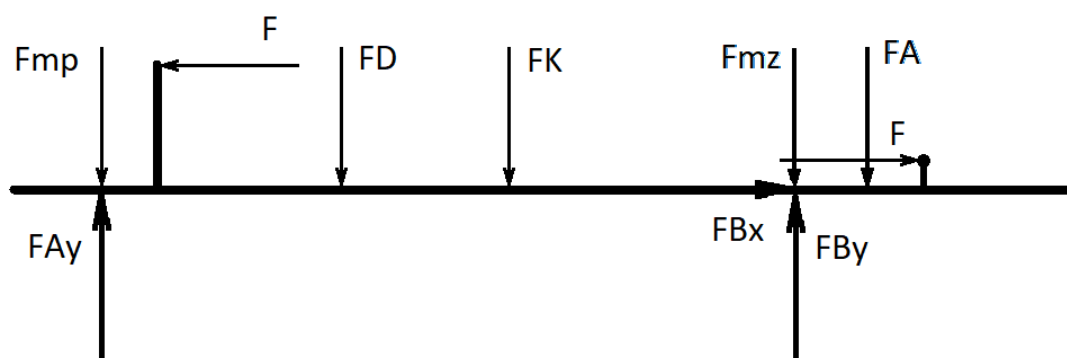
Výpočet m_p a m_z viz. Obr. 21



Obr. 21: Výpočet rozložení váhy

UVOLNĚNÍ VAZEB SILOVÉ SOUSTAVY

Vazby v silové soustavě je pro další postup výpočtu nutné uvolnit viz. Obr. 22.



Obr. 23: Uvolnění silové soustavy

KDE:

F_{Ay} – síla uvolněné vazby A působící ve směru y;

F_{Bx} – síla uvolněné vazby B působící ve směru x;

F_{By} – síla uvolněné vazby B působící ve směru y;

VÝPOČET SILOVÝCH ÚČINKŮ VE VAZBÁCH SILOVÉ SOUSTAVY

Z uvolněné silové soustavy vyjádříme rovnice rovnováhy a vypočteme sílové účinky ve vazbách. Pro výpočet momentu v ose z byl zvolen bod B.

$$X: -F + FBx + F = 0 \quad (15)$$

$$Y: -Fmp + FAy - FD - FK - Fmz + FBy - FA = 0 \quad (16)$$

$$MBz: Fmp \cdot l - FAy \cdot l + F \cdot lF + FD \cdot lFD + FK \cdot lFK - FA \cdot lFA - F \cdot lF = 0 \quad (17)$$

$$FBx = 0 \text{ N}$$

$$FAy = \frac{Fmp \cdot l + F \cdot lF + FD \cdot lFD + FK \cdot lFK - FA \cdot lFA - F \cdot lF}{l} \quad (18)$$

$$FAy = \frac{1257,48 + 63180 + 1453,842 + 235,82 - 226,41 - 34020}{1,843} = 17298,3 \text{ N}$$

$$FBy = Fmp - FAy + FD + FK + Fmz + FA \quad (19)$$

$$FBy = 682,3 - 17298,3 + 1177,2 + 421,1 + 2891,4 + 1677,1 = -10449,2 \text{ N}$$

VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ ÚČINKY (VVÚ)

Abychom mohli spočítat výsledné vnitřní účinky je třeba si zobrazenou silovou soustavu rozdělit na několik částí, dle pravidel pro tvorbu VVÚ. Dále je třeba určit ramena zvolených částí VVÚ, opět měřením pomocí softwaru.

RAMENA:

$$x_1 = 83 \text{ mm}$$

$$x_2 = 525 \text{ mm}$$

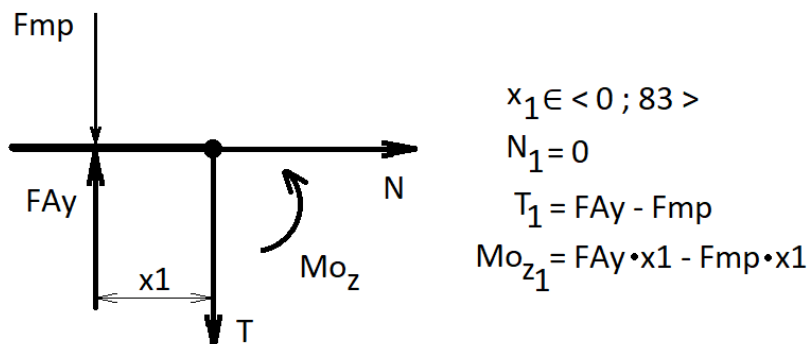
$$x_3 = 675 \text{ mm}$$

$$x_4 = 560 \text{ mm}$$

$$x_5 = 135 \text{ mm}$$

VÝPOČET 1. ÚSEKU VVÚ

Při výpočtu budeme začínat z levého konce profilu, tedy od opěry. Zobrazení tohoto úseku + rovnice pro výpočet viz. Obr. 24.



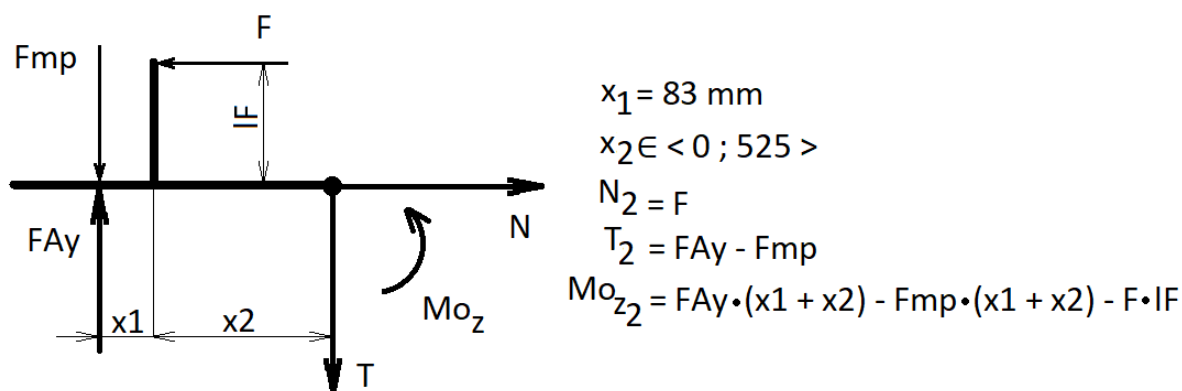
Obr. 24: VVÚ 1

$$T_1 = 16616 \text{ N}$$

$$M_{o_{z1}} = 1379,1 \text{ Nm}$$

VÝPOČET 2. ÚSEKU VVÚ

Zobrazení druhého úseku + rovnice pro výpočet viz. Obr. 25.



Obr. 25: VVÚ 2

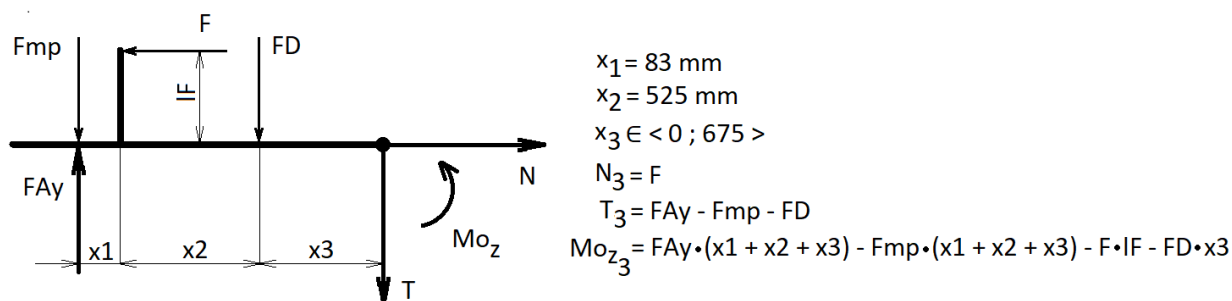
$$N_2 = 162000 \text{ N}$$

$$T_2 = 16616 \text{ N}$$

$$M_{o_{z2}} = -53077,5 \text{ Nm}$$

VÝPOČET 3. ÚSEKU VVÚ

Zobrazení třetího úseku + rovnice pro výpočet viz. Obr. 26.



Obr. 26: VVÚ 3

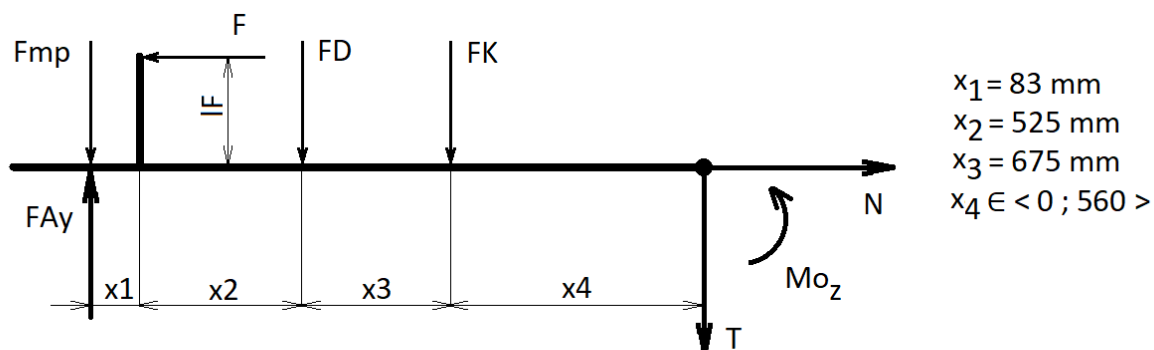
$$N_3 = 162000 \text{ N}$$

$$T_3 = 15438,8 \text{ N}$$

$$Mo_{z3} = -42656,3 \text{ Nm}$$

VÝPOČET 4. ÚSEKU VVÚ

Zobrazení čtvrtého úseku + rovnice pro výpočet viz. Obr. 27.



$$N_4 = F$$

$$T_4 = FAy - Fmp - FD - FK$$

$$Mo_{z4} = FAy \cdot (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) - Fmp \cdot (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) - F \cdot l - FD \cdot (x_3 + x_4) - FK \cdot x_4$$

Obr. 27: VVÚ 4

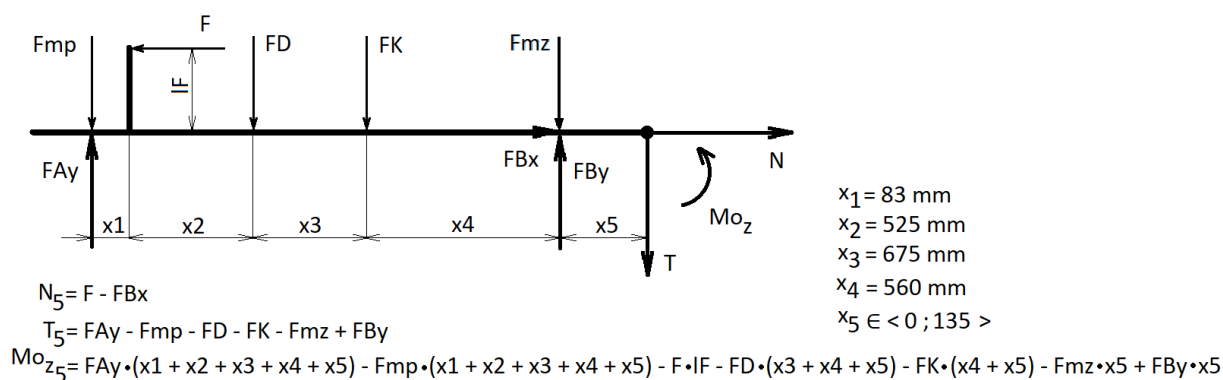
$$N_4 = 162000 \text{ N}$$

$$T_4 = 15017,7 \text{ N}$$

$$Mo_{z4} = -34246,4 \text{ Nm}$$

VÝPOČET 5. ÚSEKU VVÚ

Zobrazení pátého úseku + rovnice pro výpočet viz. Obr. 28.



Obr. 28: VVÚ 5

$$N_5 = 162000 \text{ N}$$

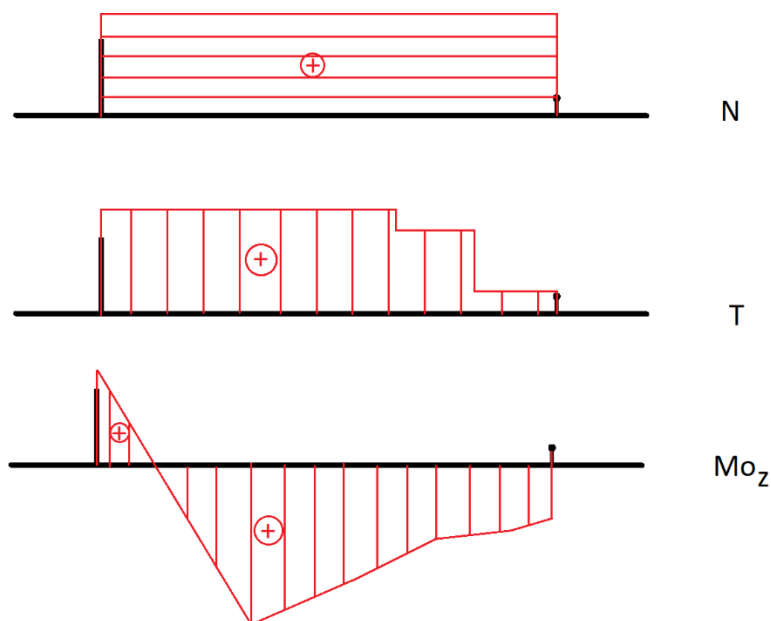
$$T_5 = 1677,1 \text{ N}$$

$$M_{o_z5} = -34020 \text{ Nm}$$

$$M_{oMax} = 53077,5 \text{ Nm}$$

GRAFICKÉ ZOBRAZENÍ VÝSLEDKU VVÚ

Zde můžeme vidět výsledek VVÚ, který vyšel dle očekávání, hodnota normálové síly je konstantní. Hodnota posouvajících sil konstantní není, ale maximální hodnot nabývá v oblastí mezi opěrou a klínem. Maximální ohybový moment vyšel dle očekávání také mezi opěrou a klínem, tedy v místě štípání viz. Obr. 29.



Obr. 29: Výsledek VVÚ

VÝPOČET NAMÁHÁNÍ NA TAH

$$p = \frac{F}{S} [MPa] \quad (20)$$

$$S = 6530 \text{ mm}^2$$

$$p = \frac{162000}{6530} = 24,81 \text{ MPa}$$

KDE:

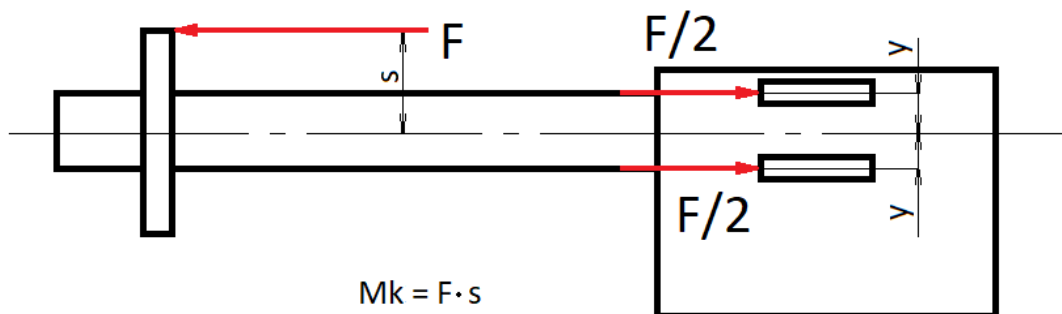
p – hodnota napětí v tahu [MPa];

S – tabulková hodnota plochy průřezu profilu [mm²];

$F = 162\,000 \text{ N}$; štípací síla;

VÝPOČET KROUTÍCIHO MOMENTU

Namáhání krutem je způsobeno křivým opřením štípaného kusu dřeva o opěru viz. Obr. 30. Reakce štípací síly se zachytí do rámu pomocí úchytů a jejich momenty se navzájem vyruší. Zůstane zde pouze štípací síla vyosená na opěře.



Obr. 30: Schéma výpočtu Kroutícího momentu

$$MkMax = F \cdot s [Nm] \quad (21)$$

$$s = 0,12 \text{ m}$$

$$MkMax = 162000 \cdot 0,12 = 19440 \text{ Nm}$$

KDE:

$MkMax$ – kroutící moment [Nm];

$s = 0,12 \text{ m}$, ramenou kroutícího momentu (polovina šířky opěry);

$F = 162\,000 \text{ N}$, štípací síla;

URČENÍ OHYBOVÉHO NAPĚTÍ A NAPĚTÍ V KRUTU

Nyní je třeba určit hodnoty namáhání v ohybu a v krutu, k výpočtu použijeme dříve vypočtených hodnot maximálního ohybového momentu a kroutícího momentu.

$$\sigma_o = \frac{M_o Max}{W_o} [MPa] \quad (22)$$

$$W_o = 426 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_o = \frac{53077,5}{426} = 124,6 \text{ MPa}$$

$$\tau_k = \frac{M_k Max}{W_k} [MPa] \quad (23)$$

$$W_k = 151 \text{ cm}^3$$

$$\tau_k = \frac{19440}{151} = 128,74 \text{ MPa}$$

KDE:

σ_o – napětí v ohybu [MPa];

τ – napětí v krutu [MPa];

W_o – modul průřezu v ohybu, tabulková hodnota profilu [cm³];

W_k – modul průřezu v krutu, tabulková hodnota profilu [cm³];

URČENÍ CELKOVÝCH NAPĚTÍ A BEZPEČNOSTI

V následujících výpočtech určíme velikosti celkových napětí a bezpečnosti nosného profilu.

$$\sigma_c = \sigma_o + p [MPa] \quad (24)$$

$$\sigma_c = 124,6 + 24,81 = 149,41 \text{ MPa}$$

$$Re_{S355J2} = 355 \text{ MPa}$$

$$K_1 = \frac{Re_{S355J2}}{\sigma_c} [-] \quad (25)$$

$$K_1 = \frac{355}{149,41} = 2,376$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau_k^2} [MPa] \quad (26)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{124,6^2 + 3 \cdot 128,74^2} = 255,44 \text{ MPa}$$

$$K_2 = \frac{Re_{S355J2}}{\sigma_{red}} [-] \quad (27)$$

$$K_2 = \frac{355}{255,44} = 1,39$$

KDE:

σ_c – celkové napětí složené z napětí v ohybu a tahu [MPa];

Re_{S355J2} – mez kluzu materiálu profilu [MPa];

K_1 – bezpečnost celkového napětí proti mezi kluzu mat. [-];

σ_{red} – redukované napětí z napětí v ohybu a krutu [MPa];

K_2 – bezpečnost redukovaného napětí proti mezi kluzu mat. [-];

ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ VÝPOČTŮ NOSNÉHO PROFILU HEB 180

Výsledné bezpečnosti vyšly v pořádku, vzhledem k povaze zadání si můžeme všimnout, že uvedené situace umístění zatěžující štípací síly jsou extrémní a při reálném provozu nepravděpodobné. Při umístění této síly tak, abychom získali větší plochu pokrytí opěry se nám ramena síly zmenší a dojde k nárůstu bezpečnosti.

2.2.2 BRŽDĚNÉ KOLOVÉ JEDNOTKY A KOLA

Součástí podvozku jsou bržděné kolové jednotky od firmy KNOTT viz. Obr. 31. Kolové jednotky mají parkovací brzdu pro zajištění štípače proti nechtěnému pohybu. Kolové jednotky jsou určeny k zavaření do rámu stroje. Zabrzdit se dá pomocí brzdové páky viz. Obr. 32, která se nachází v přední části podvozku a s kolovými jednotkami je spjata pomocí lanek s bovdeny. Ke kolovým jednotkám byly vybrány i příslušné disky kol s pneumatikami.



Obr. 31: Bržděná kolová jednotka KNOTT [15]



Obr. 32: Brzdová páka KNOTT

2.2.3 OPĚRNÝ RÁM

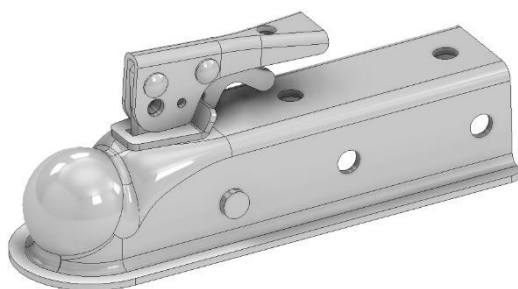
Opěrný rám viz. Obr. 33 slouží pro stabilizaci štípače při pracovním procesu, délka vysunutí noh je nastavitelná pro možné vyrovnaní štípače na nerovném terénu. Celý rám je pak sklopný pro převoz a manipulaci se štípačem.



Obr. 33: Opěrný rám

2.2.4 KLOUBOVÝ ZÁVĚS S MANIPULAČNÍ KOLEČKEM KNOTT

Pro možnost přepravy zařízení je zde kloubový závěs viz. Obr. 34, který umožňuje připojení zařízení za dopravní prostředek. Maximální nosnost závěsu byla zvolena podle celkové váhy zařízení a podílu této váhy připadajícím na závěs v radiálním směru. Pro možné připojení a odpojení štípače a drobnou manipulaci se štípačem na požadovaném místě zde slouží manipulační kolečko viz. Obr. 35, které bylo také zvoleno dle zmíněných parametru.



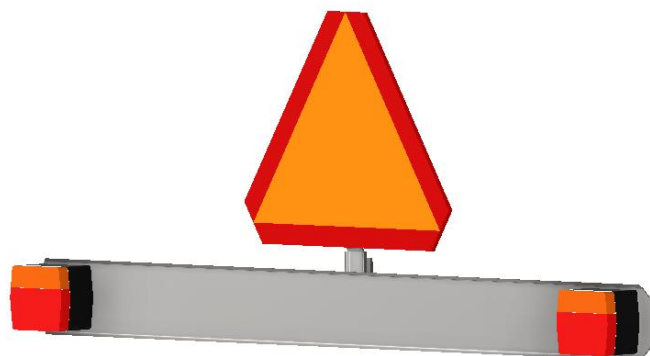
Obr. 34: Kloubový závěs



Obr. 35: Manipulační kolečko

2.2.5 KONCOVÁ SVĚTLA

Pro možnost pohybu po veřejných komunikacích musí být štípač osvětlen. Z tohoto účelu je na zadní části podvozku umístěn sundavatelný rám se světly a výstražným trojúhelníkem pro pomalu jedoucí vozidla viz Obr. 36.



Obr. 36: Rám se světly a trojúhelníkem

2.2.6 ZÁSUVKA 12 V

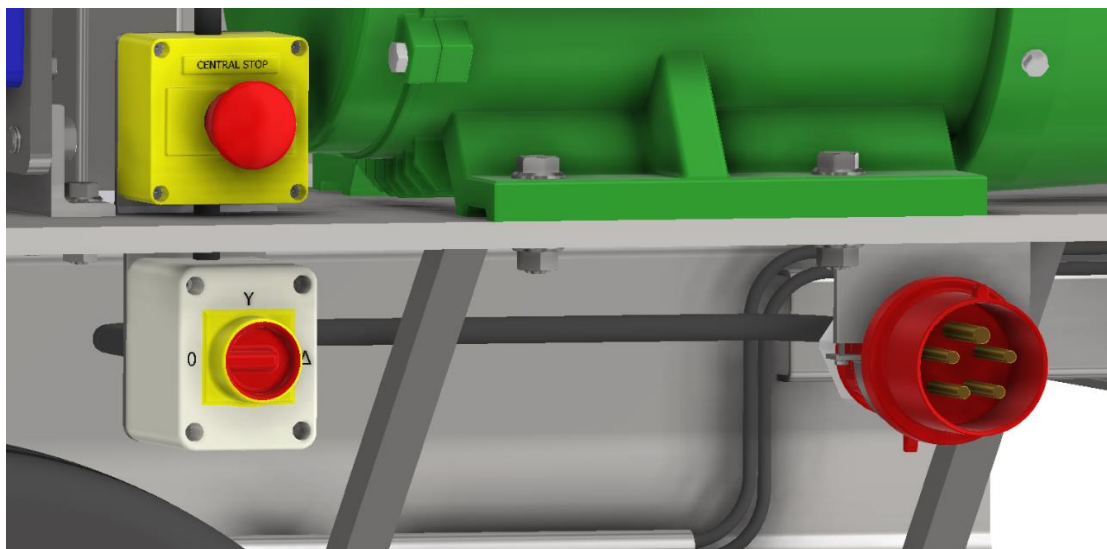
Pro napájení světel je u závěsu uchycena 12 voltová 7 pinová zásuvka viz. Obr. 37, do které vedou kabely od světel. Pro spojení zásuvky štípače se zásuvkou tažného prostředku je nutný propoj.



Obr. 37: Zásuvka 12 V

2.3 ROZVOD ELEKTŘINY PRO ELEKTROMOTOR

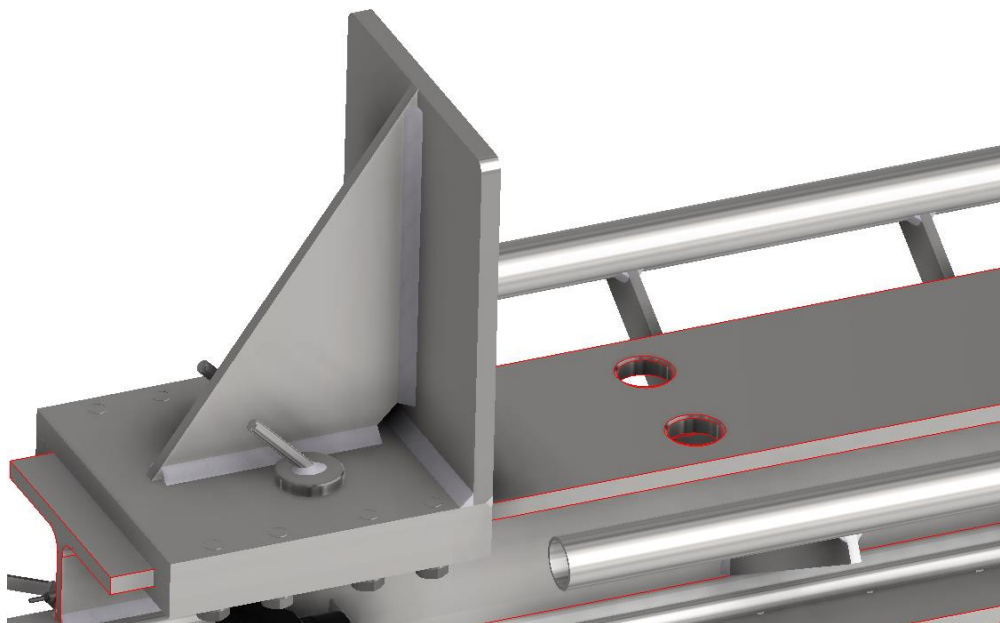
Pro bezpečné napájení elektromotoru zde bylo nutné umístit několik komponentů. Prvním z těchto komponentů je elektrická zástrčka na 400 voltů a 32 ampér. Zástrčka byla zvolena na místo zásuvky z důvodů bezpečnosti obsluhy štípače. Dalším prvkem je rozběhový vypínač motoru, který slouží pro hladký rozběh bez rázů do sítě. Poslední komponentem je bezpečnostní vypínač (tlačítko) sloužící pro možnost odtavení elektromotoru od elektrické energie. Zmíněné komponenty jsou k vidění na Obr. 38.



Obr. 38: Rozvod elektřiny pro el. motor

2.4 OPĚRA DŘEVA

Opěra štípaného kusu dřeva má na štípači jediný úkol, zamezit jeho pohybu při vtlačování klínu. Opěra viz. Obr. 39, má jednoduchou konstrukci a je vedená po horní pásnici nosného profilu. Zajišťuje se pomocí dvou čepů ve dvou možných pozicích. První pozice slouží pro možnost štípaní špalků v délce až jednoho metru. Druhá pozice je zde pro možnost štípaní špalků jakékoliv kratší délky.



Obr. 39: Opěra štípaného dřeva

2.5 ŠTÍPACÍ KLÍN

Jednoduchý štípací klín viz. Obr. 40, slouží pro dělení kusů dřeva. Je navržen tak, aby se co nejlépe vtlačoval do štípaného materiálu, má dvojitou geometrii. Z počátku je vtlačován hlavní břit, který svírá úhel 15° , poté se rozšíří o vedlejší štípací plochy, které mezi sebou svírají úhel 30° . Klín je stejně jako opěra veden po vrchní pásnici nosného profilu, z důvodu snížení třecího odporu proti pohybu klínu je na spodní části odfrézován materiál a jsou z ponechány pouze dvě kluzné plochy. Klín je spojen s okem přímočarého hydromotoru pomocí čepu.



Obr. 40: Štípací klín

ZÁVĚR

Na začátku této práce jsem utvořil krátký rešeršní rozbor o současných štípacích zařízeních, které jsou dostupné na trhu. Dále jsem tato zařízení rozdělil do skupin podle jejich charakteristických vlastností. Poté byly jednotlivé druhy zařízení krátce popsány a byly zmíněny jejich hlavní výhody či nevýhody.

V další části práce jsem se začal zabývat vlastní koncepcí štípacího zařízení. Při vytváření této koncepce jsem se řídil zmíněnou rešerší spolu s mými vlastními poznatky nabytými při práci se dřevem, které mi pomohly utvořit počáteční formu koncepce zařízení. Po dohodě s vedoucím práce jsem některé návrhy opustil nebo zdokonalil. Také zde bylo nutné některé části navrhnout a ověřit pomocí výpočtů, jako jsou výpočty hydraulického agregátu nebo nosného profilu.

V práci jsou popsány jednotlivé části štípacího zařízení, je odůvodněna jejich potřeba a vysvětlen jejich účel a funkce na zařízení.

Pro možnou realizovatelnost práce byly vytvořeny výkresy celkové sestavy, výkresy podsestav, veškeré výkresy výrobní dokumentace.

Vytvořená koncepce zařízení splňuje požadavky pro udělení výjimky za zákona pro přívěsná zařízení za dopravní prostředek pro vstup na pozemní komunikace.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] RSAS 480 E, Štípací zařízení Sláma. In: *automatickestipace* [online]. 2020 [cit. 2020-11-25]. Dostupné z: <https://www.automatickestipace.cz/stipac-rsas-480e/>
- [2] RSA 480 E, Štípací zařízení Sláma. In: *automatickestipace* [online]. 2020 [cit. 2020-11-25]. Dostupné z: <https://www.automatickestipace.cz/stipace-rsa-480-e/>
- [3] HL 1050, Vertikální štípač dřeva. In: *obi* [online]. 2021 [cit. 2021-3-5]. Dostupné z: <https://www.obi.cz/stipace-dreva/scheppach-vertikalni-stipac-dreva-hl-1050/p/5839782>
- [4] HL 460, horizontální štípač dřeva. In: *heureka* [online]. 2021 [cit. 2021-3-20]. Dostupné z: <https://stipace-drivi.heureka.cz/scheppach-hl-460/>
- [5] XTRA XL 21, horizontální štípač dřeva. In: *prodag* [online]. 2021 [cit. 2021-3-21]. Dostupné z: <http://www.prodageshop.cz/horizontalni-stipac-dreva-lancman-le-21-c-multispeed-4>
- [6] HECHT 6422, sklopný štípač dřeva. In: *hecht* [online]. 2021 [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <https://cz.hecht.cz/motorovy-stipac-hecht-6422>
- [7] Klín, Jednoduchý klín. In: *unihobby* [online]. 2021 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://eshop.unihobby.cz/technika-stroje-stipace-drivi-rozsirovaci-klin-ke-stipaci-4-kg/134397p/>
- [8] Kříž, Štípací kříž. In: *simek* [online]. 2021 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.simek.eu/stipaci-kriz-pro-vertikalni-stipac-dreva-lsv-6/>
- [9] Mříž, Štípací mříž. In: *automatickestipace* [online]. 2020 [cit. 2020-5-11]. Dostupné z: <https://www.automatickestipace.cz/stipac-rsas-480e/>
- [10] Hydrogenerátor, Zub. hydrogenerátor. In: *boschrexroth* [online]. 2021 [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com/cs/cz/produkty/skupiny-produktu/prumyslova-hydraulika/pumps/external-gear-pumps/azpf>
- [11] Elektromotor, Elektromotor In: *elektro-motor* [online]. 2021 [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.elektro-motor.cz/obchod/elektromotor-5-5-kw-1a1132s-4/>
- [12] Rozvaděč, Hydr. rozvaděč. In: *hydrolider* [online]. 2021 [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: https://www.hydrolider.cz/cs_CZ/p/Hydraulicky-monoblokovy-rozvadec-1-sekzni-80L/7193
- [13] Nádrž, Hydr. nádrž. In: *hydrolider* [online]. 2021 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: https://www.hydrolider.cz/cs_CZ/p/Olejova-nadrz-40-L-filtr-SOFIMA/19262
- [14] Víčko, Víčko hydr. nádrže. In: *kovaz* [online]. 2021 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.kovaz.cz/kovove-odvzdusnovaci-viko-nadrze-sab-1562-40-a-b-sab-1562-40-560506/>



- [15] Kolová jednotka, Brzděná kolová jednotka. In: knott [online]. 2021 [cit. 2021-5-15].
Dostupné z: <https://www.knott.de/downloads/trailertechnik/Bauteilkatalog2018-de.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

d	[mm]	Průměr pístní tyče
D_p	[mm]	Průměr pístu zvoleného přímočarého hydromotoru
D_{pt}	[mm]	Teoretická průměr pístu přímočarého hydromotoru
F	[N]	Skutečná štípací síla
mp	[kg]	Váha připadající na opěrný rám
mz	[kg]	Váha připadající na nápravu
p_s	[MPa]	Skutečný tlak v talkové větvi
Q	[cm ³ · s ⁻¹]	Průtok kapaliny
Q_{lt}	[cm ³ · s ⁻¹]	Teoretický průtok
Q_{2t}	[cm ³ · s ⁻¹]	Teoretický průtok
Q_s	[cm ³ · s ⁻¹]	Skutečný průtok kapaliny
S	[mm ²]	Plocha pístu přímočarého hydromotoru
S_2	[mm ²]	Plocha mezikruží pístu přímočarého hydromotoru
S_t	[mm ²]	Teoretická plocha pístu přímočarého hydromotoru
t	[s]	Času posuvu pístu přímočarého hydromotoru
t_{lt}	[s]	Teoretický čas vysunutí
t_{2t}	[s]	Teoretická rychlost zasunutí
t_{ct}	[s]	Součet časů posuvů přímočarého hydromotoru
t_{ct}	[s]	Celková teoretická rychlost
v	[cm · s ⁻¹]	Skutečná rychlost posuvů pístu přímočarého hydromotoru
v_{lt}	[cm · s ⁻¹]	Teoretická rychlost posuvu
v_{2t}	[cm · s ⁻¹]	Teoretická rychlost posuvu

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Dokumentace přímočarého hydromotoru Bosch Rexroth

Příloha 2: Dokumentace rozvaděče Badestnost P81

Výkresy: BP-KLUSÁČEK-1-0-0

BP-KLUSÁČEK-1-1-0

BP-KLUSÁČEK-1-1-1 (OBRÁBĚNÍ)

BP-KLUSÁČEK-1-1-1 (SVAŘENEC)

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.1

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.2

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.3

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.4

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.5

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.6

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.7

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.8

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.9

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.10

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.11

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.12

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.13

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.14

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.15

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.16

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.17

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.18

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.19

BP-KLUSÁČEK-1-1-1.120

BP-KLUSÁČEK-1-1-2

BP-KLUSÁČEK-1-1-2.1

BP-KLUSÁČEK-1-1-2.2

BP-KLUSÁČEK-1-1-2.3

BP-KLUSÁČEK-1-1-2.4

BP-KLUSÁČEK-1-1-3

BP-KLUSÁČEK-1-1-3.1

BP-KLUSÁČEK-1-1-3.2

BP-KLUSÁČEK-1-1-4

BP-KLUSÁČEK-1-1-5

BP-KLUSÁČEK-1-1-6

BP-KLUSÁČEK-1-1-7

BP-KLUSÁČEK-1-1-7.1

BP-KLUSÁČEK-1-1-7.2

BP-KLUSÁČEK-1-1-7.3

BP-KLUSÁČEK-1-1-7.4

BP-KLUSÁČEK-1-2-0

BP-KLUSÁČEK-1-2-1

BP-KLUSÁČEK-1-2-2

BP-KLUSÁČEK-1-2-3

BP-KLUSÁČEK-1-2-4

BP-KLUSÁČEK-1-2-5

BP-KLUSÁČEK-1-2-6



BP-KLUSÁČEK-1-3-0

BP-KLUSÁČEK-1-3-1

BP-KLUSÁČEK-1-3-2

BP-KLUSÁČEK-1-3-3

BP-KLUSÁČEK-1-4-0

BP-KLUSÁČEK-1-4-1

BP-KLUSÁČEK-1-4-2

BP-KLUSÁČEK-1-4-3

BP-KLUSÁČEK-1-4-4

BP-KLUSÁČEK-1-4-5

BP-KLUSÁČEK-1-5-0

BP-KLUSÁČEK-1-6-0

BP-KLUSÁČEK-1-6-1

BP-KLUSÁČEK-1-6-2

BP-KLUSÁČEK-1-7-0

BP-KLUSÁČEK-1-8-0